

Requested Patent: DE3331002A1

Title: ELECTRICAL MACHINE ;

Abstracted Patent: US4725751 ;

Publication Date: 1988-02-16 ;

Inventor(s): BASSLER RALI (DE); BETSCH HARTMUT (DE) ;

Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE) ;

Application Number: US19860931691 19861114 ;

Priority Number(s): DE19833331002 19830827 ;

IPC Classification: ;

Equivalents: EP0153338 (WO8501158), B1, B2, JP60502133T, WO8501158

ABSTRACT:

An electrical machine is suggested, in particular an electrical commutated brushless direct current motor or tacho-alternator with a preferably permanent magnetic excitation and air slot winding, wherein the individual coils of the air slot winding are subdivided into at least two partial coils (14a,b to 21a,b) and are arranged in such a manner that the subsequent partial coils (14,15,16,17,18,19,20,21) encompass the preceding partial coils at both sides from the outside in the circumferential direction uniformly large induced voltages are obtained when switching the different partial coils in series, so that a high running quietness is obtained in the motor operation and a low fluctuation is assured in the generated voltage in the alternator operation. The fluctuation of the measuring voltage being generated by a tacho alternator is almost completely suppressed if the rotor (11) of the machine is provided with a pole retraction space (31), whereby a flattening of the crests of the sinus like induced voltages occurs in form of a trapezoidal like voltage path.

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3331002 A1

⑤① Int. Cl. 3:  
H02K 3/47

②① Aktenzeichen: P 33 31 002.5  
②② Anmeldetag: 27. 8. 83  
②③ Offenlegungstag: 14. 3. 85

Behördeneigentum

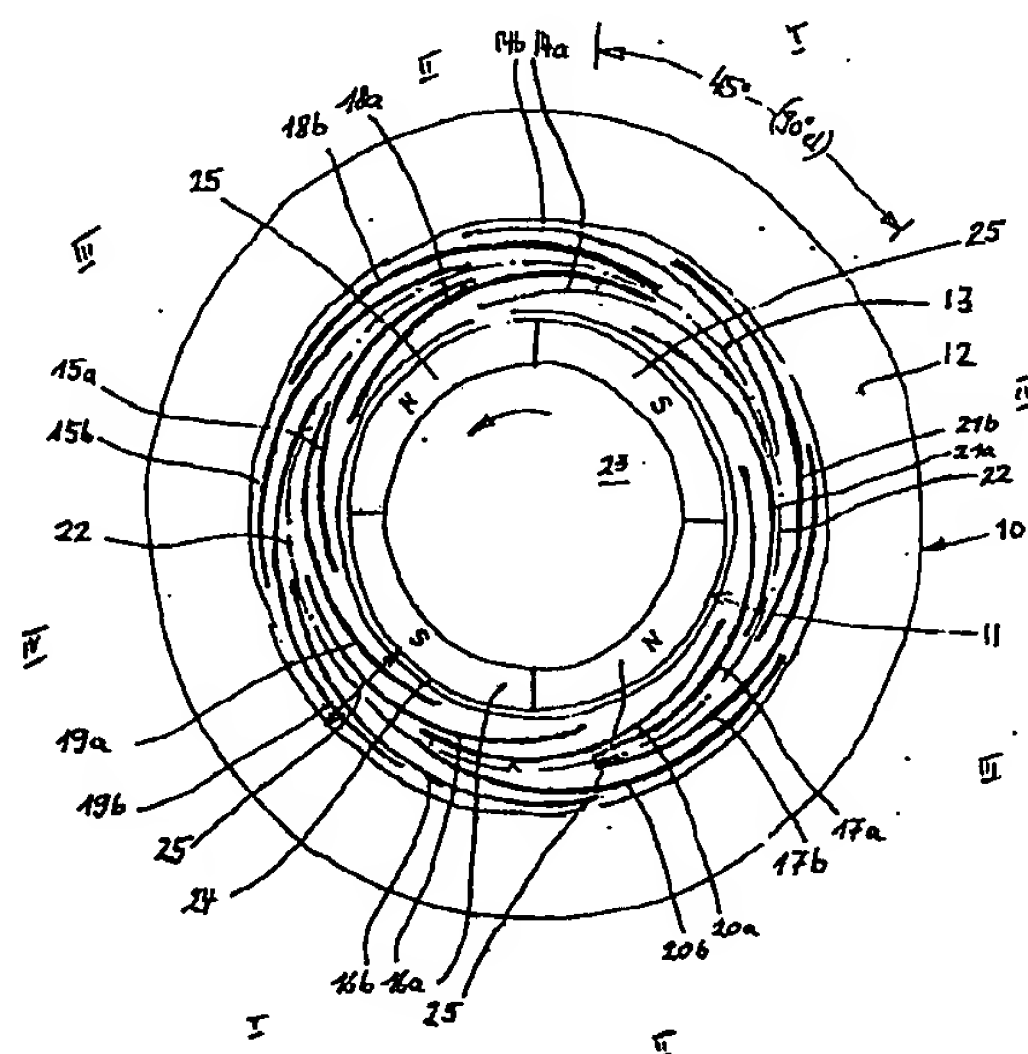
DE 3331002 A1

⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Baßler, Ralf; Betsch, Hartmut, 7582 Bühlertal, DE

⑤④ Elektrische Maschine

Es wird eine elektrische Maschine vorgeschlagen, insbesondere ein elektrisch kommutierter bürstenloser Gleichstrommotor oder Tachogenerator, mit vorzugsweiser permanentmagnetischer Erregung und Luftspaltwicklung, bei der die einzelnen Spulen der Luftspaltwicklung in wenigstens zwei Teilspulen (14a, b bis 21a, b) unterteilt und derart angeordnet sind, daß im Kreuzungsbereich der Spulenköpfe jeweils die in Umfangsrichtung nachfolgenden Teilspulen (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21) die vorherigen Teilspulen beiderseits außen umgreifen. Hierdurch ergeben sich im Mittel bei Reihenschaltung der verschiedenen Teilspulen gleichgroße induzierte Spannungen, so daß im Motorbetrieb eine hohe Laufruhe und im Generatorbetrieb eine geringe Welligkeit der erzeugten Spannung gewährleistet ist. Die Welligkeit der von einem Tachogenerator erzeugten Meßspannung wird nahezu vollständig unterdrückt, wenn der Rotor (11) der Maschine eine Polabhebung (31) aufweist, wodurch eine Abflachung der Kuppen der sinusförmigen induzierten Spannungen nach Art eines trapezförmigen Spannungsverlaufes erfolgt.



DE 3331002 A1

27.08.83

3331002

R. **18917**

15.8.1983 Rs/Hm

ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART 1

#### Ansprüche

1. Elektrische Maschine, insbesondere bürstenloser Gleichstrommotor oder Tachogenerator, mit einem vorzugsweise mit Permanentmagneten bestückten Rotor und mit einer im Luftspalt zwischen Rotor und Stator auf einem Stator angeordneten, mehrphasigen, phasenverschoben ansteuerbaren Wicklung, welche vorzugsweise von einem Träger aus elektrisch nichtleitendem, insbesondere diamagnetischem Material gehalten ist, wobei jede Phase der Wicklung wenigstens zwei Spulen aufweist, welche zu den Spulen der anderen Phase(n) vorzugsweise überlappend angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß jede Spule (14 bis 21) in mindestens zwei Teilspulen (14a,b bis 21a,b) unterteilt ist, wobei wenigstens die Teilspulen einer Phase unter Zwischenfügung einer oder mehrerer Teilspulen einer anderen Phase in der Wicklung angeordnet sind.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede Spule (14 bis 21) in wenigstens zwei Teilspulen (14a,b bis 21a,b) unterteilt ist, welche symmetrisch zur Mittellinie (22) der Wicklung angeordnet sind:

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Kreuzungsbereich der Spulenköpfe in einer Umfangsrichtung die nachfolgenden Teilspulen die

vorhergehenden Teilspulen beiderseits außen umgreifen und in der anderen Umfangsrichtung die nachfolgenden Teilspulen innerhalb der vorhergehenden Teilspulen liegen.

4. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Spule (14 bis 21) in zwei im wesentlichen gleiche Teilspulen (14a,b bis 21a,b) mit gleicher Windungszahl unterteilt ist.

5. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß alle Teilspulen (14a,b bis 21a,b) gleiche Spulenweite haben und den gleichen Sektor am Stator (10) überspannen.

6. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine vierpolige Ausführung des Rotors (11) mit vier Spulen (14 bis 17; bzw. 18 bis 21) je Phase, welche in Umfangsrichtung nacheinander in einem Bereich von jeweils  $45^{\circ}$  ( $90^{\circ}$  el.) einschaltbar sind.

7. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Ausbildung als Innenläufermaschine.

8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorwicklung (14 bis 21) auf der Innenwand eines Statorblechpaketes (12) im Luftspalt (25) sitzt und in Kunststoff eingebettet ist.

9. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilspulen (14a,b bis 21a,b) auf einem Kunststoffspulenkörper (13) sitzen.

10. Elektrische Maschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilspulen (14a,b bis 21a,b) gemeinsam mit dem Spulenkörper (13) und dem Stator (10) mit Kunststoff umhüllt sind.

11. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (14a,b bis 21a,b) gegen die Magnetpole oder die Magnetpole gegen Spulen um einen Schrägungswinkel in Achsrichtung geschrägt sind.

12. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Vergrößerung des Luftspalts (24, 31) in Umfangsrichtung über den Magnetpolen zur Polmitte hin, derart, daß sich über einen konstanten Betrag der Flußverkettung der Spulen eine trapezförmige induzierte Spannung (Figur 5) ergibt.

R.

189 17

15.8.1983 Rs/Hm

3331002

ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART 1

# Elektrische Maschine

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer elektrischen Maschine, insbesondere von einem bürstenlosen Gleichstrommotor oder Tachogenerator nach der Gattung des Hauptanspruches. Eine derartige elektrische Maschine mit einer im Luftspalt liegenden Wicklung ist bekannt aus der DE-OS 25 11 567. Bei der dort beschriebenen dreiphasigen Anordnung weist jede Phase der Wicklung wenigstens zwei über den Stator gleichmäßig verteilte Formspulen auf, welche im wesentlichen gleich ausgebildet und derart angeordnet sind, daß an den Kreuzungsstellen der Spulenköpfe jeweils der Kopf der in Umfangsrichtung nachfolgenden Spule und Phase über der vorherigen Spule liegt. Mit einer derartig überlappenden Wicklungsanordnung erreicht man eine gleichmäßigere Stromaufteilung in den einzelnen Phasen der Wicklung gegenüber einer herkömmlichen Anordnung, bei der die Formspulen in Umfangsrichtung hintereinandergereiht sind. Dennoch bleiben Unregelmäßigkeiten im Verlauf der induzierten Spannung, welche sich insbe-

sondere bei hohen Drehzahlen oder bei der Verwendung der induzierten Spannung zu Meßzwecken bei Tachogeneratoren sehr nachteilig bemerkbar machen. Diese Schwankungen der induzierten Spannung und des Stromes sind im wesentlichen dadurch bedingt, daß die einzelnen Spulenhälften aufgrund ihrer unterschiedlichen Abstände zu den Magnetpolen von unterschiedlichen Flüssen durchsetzt sind, weshalb die näher bei den Magnetpolen liegenden Spulenhälften eine höhere induzierte Spannung aufweisen. Beim Umschalten von einer Spule zur nächsten, in Umfangsrichtung nachgeordneten Spule ergeben sich in der abgegriffenen Spannung eines Generators Schwankungen und Sprünge, welche vermieden werden sollen.

#### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße elektrische Maschine mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß eine wesentliche Verringerung der Welligkeit der induzierten Spannung mit einfachen schaltungstechnischen und baulichen Maßnahmen erreicht wird. In den einzelnen Phasen der Wicklung ergibt sich eine gleichmäßige Stromaufteilung, so daß die eingangs beschriebenen Schwierigkeiten bei hohen Drehzahlen von Motoren oder bei der Erzeugung einer Meßspannung praktisch nicht mehr auftreten.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen elektrischen Maschine möglich. Hierbei hat es sich als besonders zweckmäßig erwiesen, wenn jede Spule in wenigstens zwei Teilspulen unterteilt sind, welche symmetrisch zur Mittellinie der Wicklung angeordnet sind, wobei vorzugsweise die Spulen überlappend derart angeordnet sind, daß im Kreuzungsbereich der Spulenköpfe in einer Umfangsrich-



27-10-80

10917

- 5 - 6

3331002

tung die nachfolgenden Teilspulen die vorhergehenden Teilspulen beiderseits außen umgreifen und in der anderen Umfangsrichtung die nachfolgenden Teilspulen innerhalb der vorhergehenden Teilspulen liegen. Bei einer derartigen Anordnung ergibt sich eine optimale Symmetrierung und minimale Unterschiede hinsichtlich der Höhe der in den verschiedenen Spulen induzierten Spannungen.

Besonders vorteilhaft ist die Aufteilung jeder Spule in zwei im wesentlichen gleiche Teilspulen mit gleicher Windungszahl, wodurch in Umfangsrichtung an allen Stellen der Gamtspule im Mittel eine gleichhohe Spannung induziert wird. Zur Erzielung von weichen Übergängen beim Umschalten von einer Phase auf die nächste ist es auch denkbar, die Anfänge und Enden der Teilspulen in Umfangsrichtung der Wicklung geringfügig gegeneinander zu versetzen. Auch können im Einzelfall unterschiedliche Windungszahlen Vorteile bringen, wenn, beispielsweise bedingt durch die Form der Magnetpole, besondere Flußverläufe bei der induzierten Spannung ausgeglichen werden sollen.

Durch Verwendung vorzugsweise identischer Teilspulen, welche alle die gleiche Spulenweite und zweckmäßigerweise die gleiche Windungszahl haben, ergeben sich besonders einfache Verhältnisse beim Zusammenbau der Maschine, da gleiche, vorgefertigte Teilspulen für alle Spulen und Phasen der gesamten Wicklung verwendet werden können. Ein besonders zweckmäßiger und einfacher Aufbau ergibt sich hierbei besonders dann, wenn eine vierpolige Ausführung des Rotors mit vier Spulen je Polpaar verwendet wird, welche in Umfangsrichtung der Wicklung nacheinander in einem Bereich von jeweils  $45^{\circ}$  einschaltbar sind. Eine vierpolige Maschine ist im Aufbau und in der Fertigung unpro-

...



blematisch und erlaubt dennoch bei elektronischer Kommutierung die Erzeugung einer gleichmäßigen induzierten Spannung und einer gleichmäßigen Stromaufteilung in den einzelnen Phasen der Wicklung.

Die Vorteile einer vierpoligen, vierphasigen Ausführung liegen also darin, daß hier eine wirtschaftlich vertretbare und dennoch voll funktionsfähige Ausführung realisiert wird. Eine höhere Phasenzahl ergäbe einen vermehrten Wicklungsaufwand, eine kleinere Phasenzahl würde die Gleichförmigkeit der induzierten Spannung beeinflussen. Weiterhin können bei einer vierphasigen Ausführung jeweils zwei Phasen bifilar gewickelt und dann die beiden anderen Phasen um  $45^\circ$  geometrisch versetzt werden. Durch die bifilare Ausführung wird mit dem Wickelaufwand einer zweiphasigen Wicklung eine vierphasige Wicklung realisiert.

Eine besonders zweckmäßige Ausgestaltung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine besteht darin, zur Erzielung einer abgeflachten Spannungskurve mit einem der Trapezform angenäherten Verlauf die Magnetpole mit einer Polabhebung zu versehen mit zunehmender Luftspaltbreite zur Polmitte hin. Eine nahezu vollständige Gleichförmigkeit der induzierten Spannung (Trapezform) wird nämlich erreicht, indem die Magnetpole so aufgebaut sind, daß eine Polabhebung eine Luftspalterweiterung über den Umfang eines Poles ausbildet. Durch eine entsprechende Bemessung der Polabhebung ist es möglich, anstelle einer sinusförmigen induzierten Spannung durch Abflachung der sinusförmigen Kuppe eine im Bereich des Spannungsmaximums konstante induzierte (trapezförmige) Spannung zu erreichen.

# Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 einen Schnitt durch die elektrische Maschine in schematischer Darstellung, Figur 2 ein Ausführungsbeispiel des Wickelschemas, Figur 3a und b geschrägte Anordnungen der Magnetpole und der Spulen, Figur 4 einen Rotor mit Polabhebung und Figur 5 den Verlauf der induzierten Spannung eines nach der Erfindung aufgebauten Tachogenerators.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 ist als Beispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine eine Innenläufermaschine dargestellt mit einem Stator 10 und einem Rotor 11. Als magnetisches Rückschlußteil besitzt der Stator 10 ein Statorblechpaket 12, auf dessen Innenwand ein Spulenkörper 13 sitzt. In den Spulenkörper sind bifilar gewickelte Teilspulen 14a,b, 15a,b, 16a,b und 17a,b des ersten und dritten Wicklungsstranges eingelegt. Da es sich beim Ausführungsbeispiel um eine vierpolige Maschinenausführung handelt, ergänzen entsprechende, um  $45^\circ$  räumlich versetzte Teilspulen 18a,b, 19a,b, 20a,b und 21a,b für den zweiten und vierten Wicklungsstrang die Wicklung. Die Wicklung ist vierphasig ausgebildet, so daß je Phase oder Wicklungsstrang insgesamt vier Spulen mit jeweils zwei Teilspulen vorhanden sind, welche in Umfangsrichtung nacheinander in einem Bereich von jeweils  $45^\circ$  ( $90^\circ$  elektrisch) durch eine nicht dargestellte elektronische Kommutierungsvorrichtung einschaltbar sind.

In Figur 2 ist eine mögliche Schaltfolge der Teilspulen dargestellt. Die acht Teilspulen einer Phase werden unter Berücksichtigung des Wickelsinns in Reihe geschaltet. Aus Figur 2 ist außerdem die bifilare Ausführung der Wicklung zu erkennen. Die Phase zwischen A1 und E1 und die Phase zwischen A3 und E3 werden gemeinsam gewickelt und nachher gegensinnig geschaltet, ebenso die Phasen A2 bis E2 und A4 bis E4.

Der Rotor 11 der elektrischen Maschine besteht beim gezeichneten Ausführungsbeispiel aus einem Kern 23, welcher einteilig mit einer nicht dargestellten Welle ausgebildet sein kann. Auf dem Kern sind direkt aneinander anschließend oder mit geringem Abstand vier Magnetsegmente aufgeklebt, welche in radialer Richtung magnetisiert sind und abwechselnd zwei Nordpole und zwei Südpole bilden. Die Magnete haben gemäß Figur 4 in Magnetmitte eine geringere Dicke, wodurch sich eine Polabhebung 31 in Magnetmitte ergibt. Es ist sowohl eine sehnenartige Abhebung mit nicht kreisförmiger Magnetkrümmung wie auch eine Abhebung durch Versatz der beiden Mittelpunkte 30, 30' mit entsprechend vergrößerten Krümmungsradien der Magnete möglich. Eine derartige Anordnung eignet sich besonders für eine bürstenlose, mit hohen Drehzahlen betreibbare, elektronisch kommutierte Gleichstrommaschine. Die Anordnung könnte auch derart getroffen sein, daß ausgeprägte, geblechte Polschuhe vorhanden sind, auf deren Schenkeln, bzw. zwischen deren Schenkeln die Dauermagnete sitzen. Anstelle der dauermagnetischen Erregung kann der Rotor auch mit einer Wicklung versehen sein.

Die gezeigte Maschine ist derart aufgebaut, daß nahezu der gesamte Luftspalt 25 von der Wicklung ausgefüllt ist. Hierbei bleibt nur ein geringer Spalt 24 als Freiraum

27-05-55

189 17

- 10

3331002

zwischen dem Stator 10 und dem Rotor 11, der Rest des Luftspaltes nimmt den Spulenkörper 13 mit den einzelnen Spulen auf. Die Teilspulen 14a,b bis 21a,b werden im Spulenkörper 13 symmetrisch zur Mittellinie 18 derart eingelegt, daß mit der inneren Lage, beispielsweise am innersten Ende der Teilspule 14a begonnen wird. Entgegen dem Uhrzeigersinn werden nun jeweils um  $45^\circ$  fortschreitend die Wicklungen 18a, 15a, 19a usw. eingefügt. Zum Einlegen der letzten Teilspule 21a muß der hintere Teil der Teilspule 14a hochgehoben werden, damit die Teilspule 21a mit ihrer vorderen Hälfte unter der hinteren Hälfte der Teilspule 14a zu liegen kommt. Auf diese Weise wird erreicht, daß sämtliche Spulen symmetrisch mit einer obenliegenden und einer untenliegenden Spulenhälfte eingelegt sind. Anschließend werden die äußeren Teilspulen 14b bis 21b eingefügt, beginnend z.B. mit der innenliegenden Spulenseite der Wicklung 14b. Auf diese werden im Uhrzeigersinn um jeweils  $45^\circ$  verschoben die Teilspulen 21b, 17b, 20b usw. aufgelegt und das Ende der letzten Teilspule unter dem Anfang der Teilspule 14b eingefügt. Die Teilspulen 14a,b bis 21a,b sind beim Ausführungsbeispiel gleich ausgebildet mit gleicher Spulenweite und besitzen jeweils die gleiche Windungszahl. Sie sind auf dem Spulenkörper 13 so angeordnet, daß die zusammengehörigen Teilspulen in Reihe geschaltet werden können.

Der als Träger der Wicklung dienende Spulenkörper 13 besteht aus Kunststoff. Er wird nach dem Einlegen der Teilspulen 14a,b bis 21a,b gemeinsam mit dem Stator 10 in Gießharz eingebettet, so daß der Stator 10 mit den Wicklungen zusammen eine mechanische Einheit bildet, ohne daß Zähne am Stator 10 vorgesehen sind. Andererseits ist es selbstverständlich auch möglich, die Teilspulen 14a,b bis 21a,b in Nuten des Stators 10 anzuordnen,

...

wobei die Nuten jedoch nicht zur Leitung des magnetischen Flusses sondern lediglich zur Aufnahme der Formspulen dienen, da die Zähne des Stators bei einem Motor hoher Drehzahl aufgrund starker Ummagnetisierung-, bzw. Eisenverluste eine große Erwärmung ermöglichen, bei einem Tachogenerator jedoch aufgrund von Energieunterschieden im magnetischen Kreis zwischen Zahn und Nut eine Verzerrung der induzierten Spannung hervorrufen würden.

Figur 5 zeigt den Verlauf der in den Teilspulen 14a,b bis 21a,b induzierten Spannungen bei Ausbildung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine als Tachogenerator mit vergrößertem Luftspalt 24, 31 in Umfangsrichtung über den Magnetpolen zur Steuerung eines elektronisch kommutierten bürstenlosen Gleichstrommotors. Die Maschine ist vierphasig ausgebildet, jede Phase wird z.B. durch induktive oder optoelektronische Geber oder durch Hallgeber auf einem Winkel von  $45^{\circ}$  ( $90^{\circ}$  el.) eingeschaltet. Die Ansteuerung der verschiedenen Teilspulen erfolgt in der Art, daß die mit dem Rotor bewegten Geber oder Teile derselben die Stellung des Rotors anzeigen und die Einschaltung der jeweiligen Teilspule bestimmen. Die Anordnung ist durch die Gestaltung der Magnetsegmente oder durch eine entsprechende Gestaltung von Polschuhen mit Hilfe einer Polabhebung nach Figur 4 so getroffen, daß sich eine nahezu exakt trapezförmige induzierte Spannung in den einzelnen Teilspulen ergibt. Durch die symmetrische Anordnung der Teilspulen zur Mittellinie 22 ergibt sich wegen der Kompensation der unterschiedlichen Abstände der Spulenleiter zu den Magnetpolen in allen Sektoren des Stators jeweils eine gleichgroße induzierte Spannung, wobei die zusammengehörenden Teilspulen jeweils auf einem Winkel von  $45^{\circ}$  ( $90^{\circ}$  el.) eingeschaltet sind; dieser Bereich entspricht dem durch die

...

Geometrie der Wicklung und der Magnete bestimmten, annähernd gleichbleibenden Maximum der induzierten Spannungen (I-IV) in den entsprechenden Teilspulen. Durch die innen und außen jeweils gleichmäßige Überlappung der einzelnen Teilspulen erhält man eine vollständig symmetrische Anordnung, welche die notwendige Gleichmäßigkeit der induzierten Spannungen gewährleistet. Die Einschalt-dauer der Phase I ist in Figur 1 unter einem Winkel von  $45^\circ$  ( $90^\circ$  el.) eingezeichnet, die drei restlichen Phasen schließen sich mit jeweils gleicher Einschalt-dauer an, so daß die elektronische Kommutierung immer in dem Augenblick erfolgt, wo der Spannungsabfall an der vorhergehenden Phase einsetzt. Die Darstellung in Figur 5 ist zwar idealisiert, gibt jedoch im wesentlichen den Verlauf der einzelnen Spannungen an.

Bezüglich der Gestaltung der Maschine sei noch erwähnt, daß anstelle der dargestellten Innenläufer-Maschine auch die Bauart einer Außenläufer-Maschine oder einer Scheibenläufer-Maschine gewählt werden kann. Grundsätzlich ergeben sich hierbei keine anderen Verhältnisse.

Durch die erfindungsgemäße Gestaltung der elektrischen Maschine, insbesondere bei bürstenloser Ausbildung mit elektronischer Kommutierung, ergibt sich beim Betrieb als Gleichstrommotor eine große Laufruhe bis zu höchsten Drehzahlen; beim Betrieb als Generator, insbesondere als Tachogenerator, wird die Welligkeit der Meßspannung praktisch vollständig unterdrückt. Die in Figur 1 dargestellte symmetrische Wicklungsanordnung, bei der im Kreuzungsbereich der Spulenköpfe in einer Umfangsrichtung die nachfolgenden Teilspulen die vorhergehenden Teilspulen beiderseits außen umgreifen und in der anderen Umfangsrichtung die nachfolgenden Teilspulen innerhalb der vorhergehenden Teilspulen liegen, eignet sich insbeson-



dere für im Luftspalt untergebrachte Wicklungen, weil dort die einzelnen Wicklungsstränge empfindlicher sind gegen unterschiedliche Streuflüsse. Diese bewirken an verschiedenen Orten im Luftspalt, d.h. in verschiedenen, übereinanderliegenden Spulen unterschiedliche induzierte Spannungen, welche die Welligkeit verursachen. Um die Unterschiede bei den induzierten Spannungen zu vermeiden und die unterschiedlichen Flußverkettungen auszuschließen ist die erfindungsgemäße Unterteilung der Spulen vorgenommen worden, wobei diese einfach oder mehrfach erfolgen kann und die Teilspulen anschließend in Reihe geschaltet werden. Unterschiede bei Rechts- oder Linkslauf werden praktisch vollständig ausgeschlossen.

Bei geringen Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der induzierten Spannungen ist auch eine Wicklungsanordnung denkbar, die auf die Überlappung der Spulen verzichtet und stattdessen die einzelnen Spulen nebeneinander anordnet. Durch eine Unterteilung der Spulen in Teilspulen wird auch hier eine erfindungsgemäße Funktion der Wicklung gewährleistet. Es ergeben sich keine grundsätzlich anderen Verhältnisse, wenn beispielsweise Teilspulen 14a,b, 15a,b, 16a,b und 17a,b symmetrisch zur Mittellinie 22 beiderseits außerhalb der Teilspulen 18a,b; 19a,b; 20a,b und 21a,b liegen.

Eine weitere Möglichkeit für eine zweckmäßige Wicklungsanordnung mit ebenfalls weitgehend gleichmäßigem Spannungsverlauf ergibt sich bei einer teilweise überlappenden Anordnung der Spulen. Die Unterbringung der Teilspulen könnte hierbei so vorgenommen werden, daß in den Spulenkörper 13 zunächst die unteren Teilspulen 15a und 17a eingelegt werden und hierüber in beiden Umfangsrichtungen die unteren Teilspulen 18a und 19a, bzw. 20a und 21a,



18917

- 14

3331002

Darüber müßten in entsprechender Anordnung die oberen Teilspulen 16b und 17b liegen, an die sich wiederum in beiden Umfangsrichtungen die oberen Teilspulen 18b und 19b, bzw. 20b und 21b anschließen. Bei dieser teilweise überlappenden Anordnung können die Teilspulen nacheinander jeweils mit beiden Spulenseiten in die Nuten des Spulenkörpers 13 eingelegt werden.

Eine weitere Möglichkeit der Wicklungsanordnung ist ein Aufbau mit zur Längsachse geschrägten Spulen, bzw. geraden Spulen und zur Längsachse geschrägten Magnetpolen, wie dies in den Figuren 3a und 3b dargestellt ist. Grundsätzlich ergeben sich auch hierbei keine anderen Verhältnisse bezüglich der induzierten Spannungen, jedoch hat die Maschine die bekannten Vorteile einer geschrägten Wicklung.

-17-

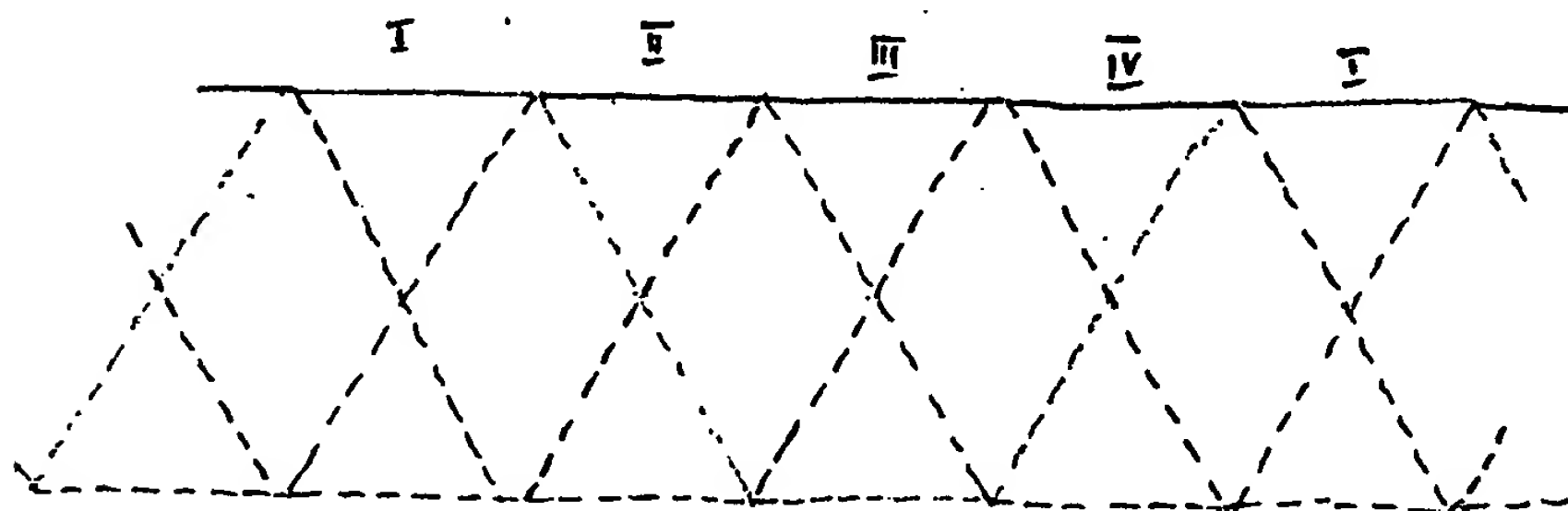
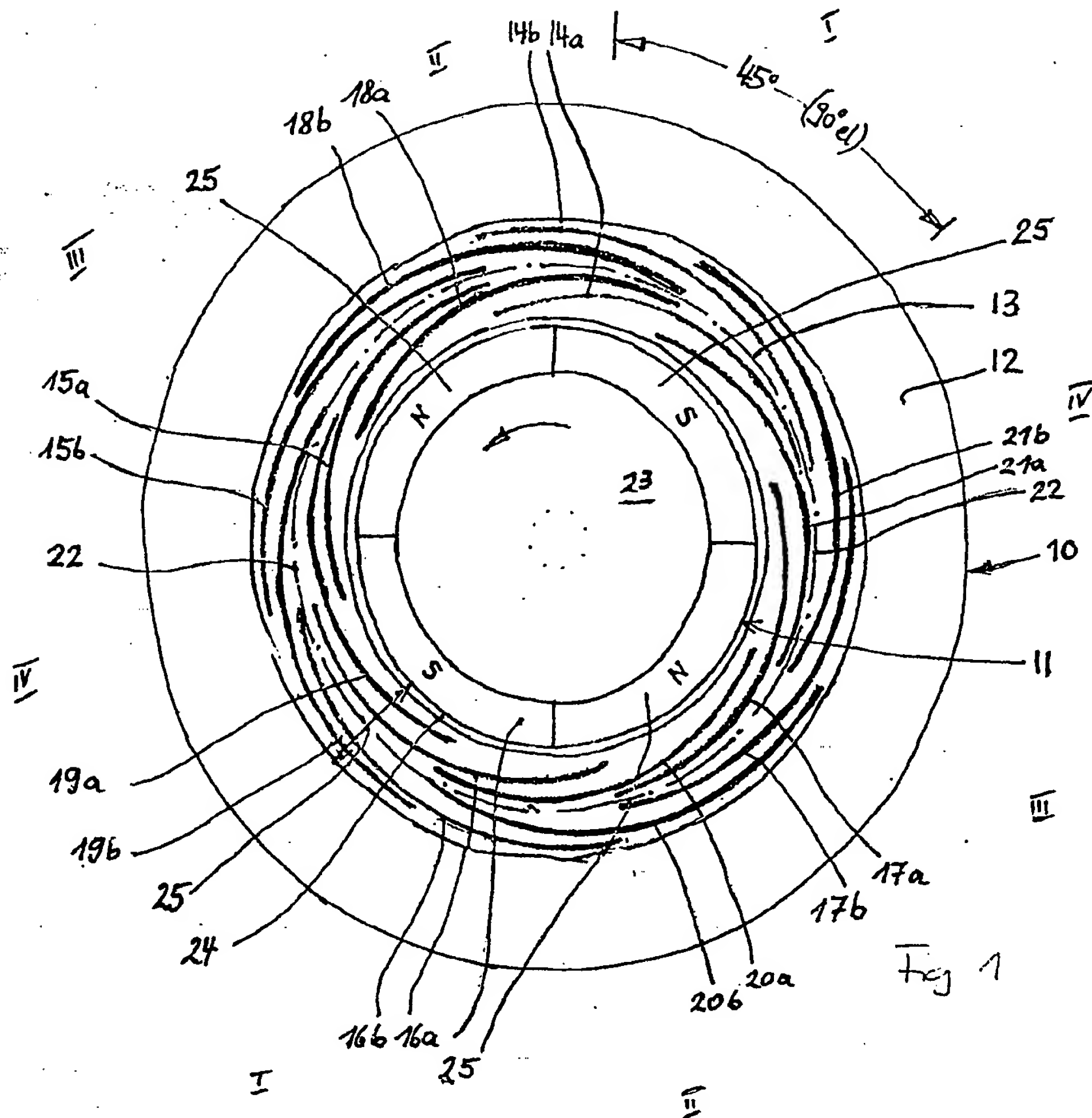


Fig. 5

3331002

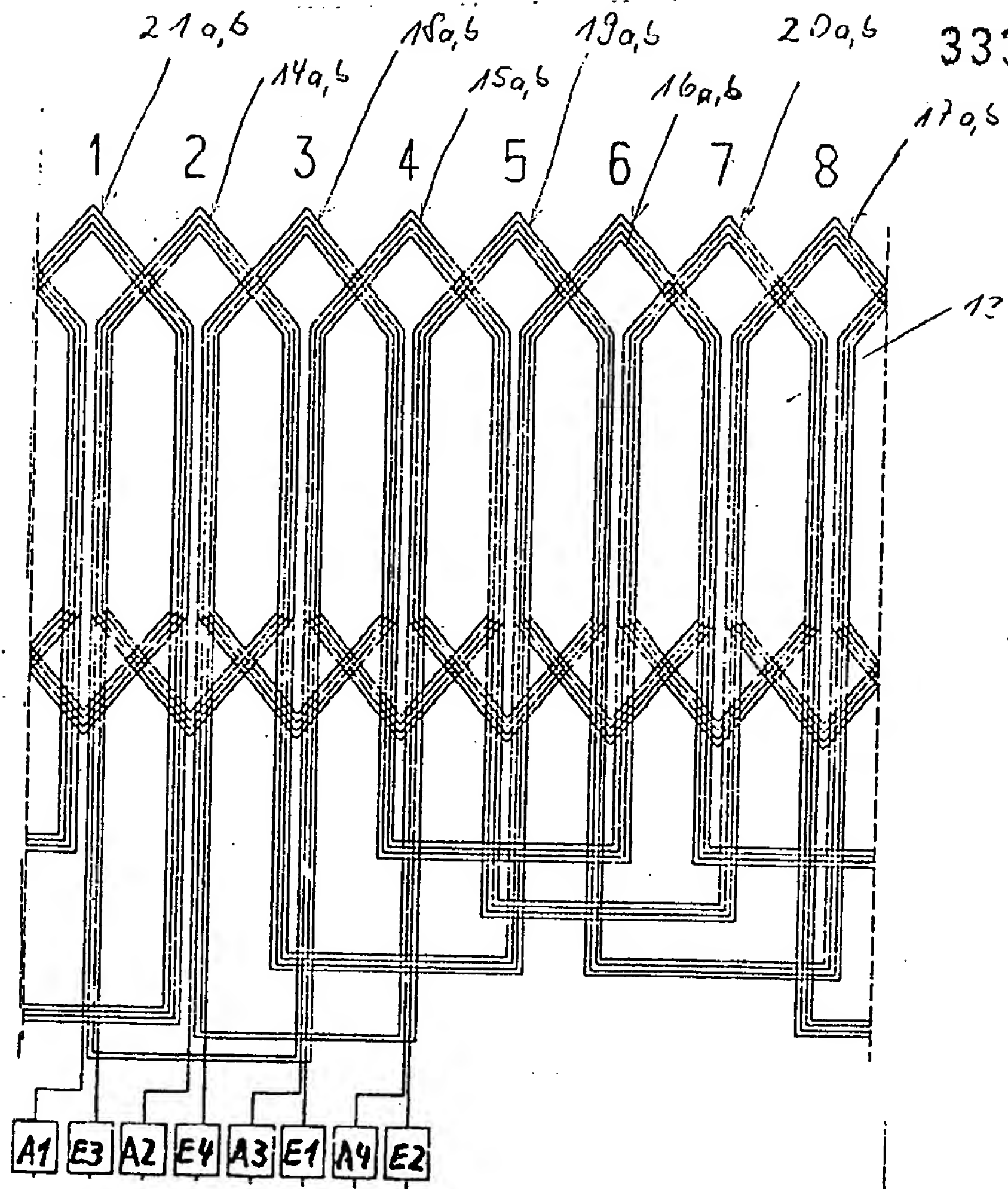


Fig. 2

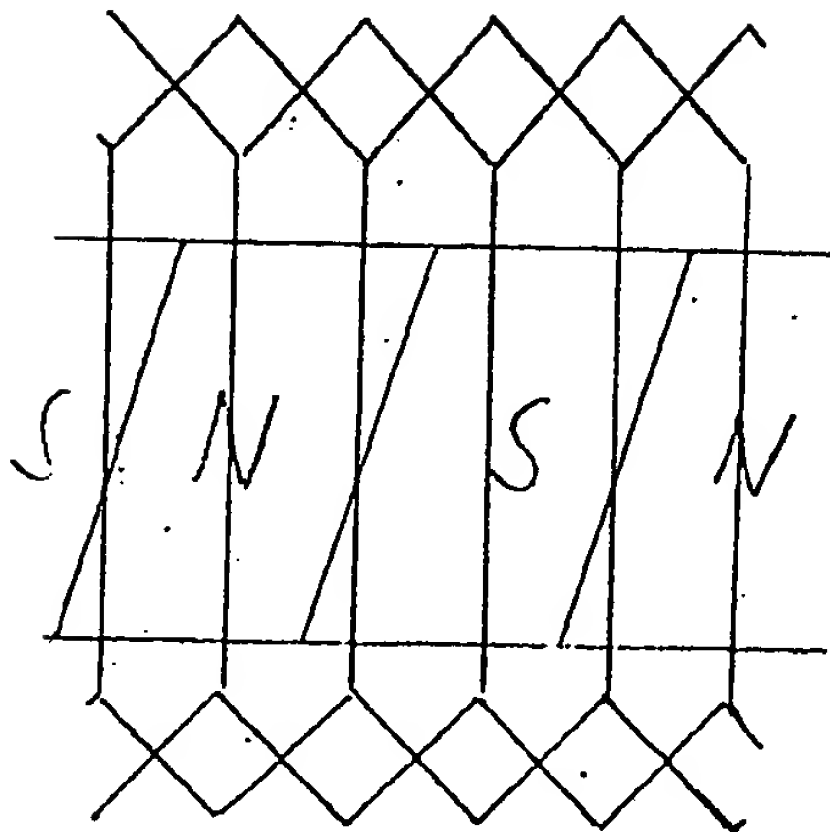


Fig. 3

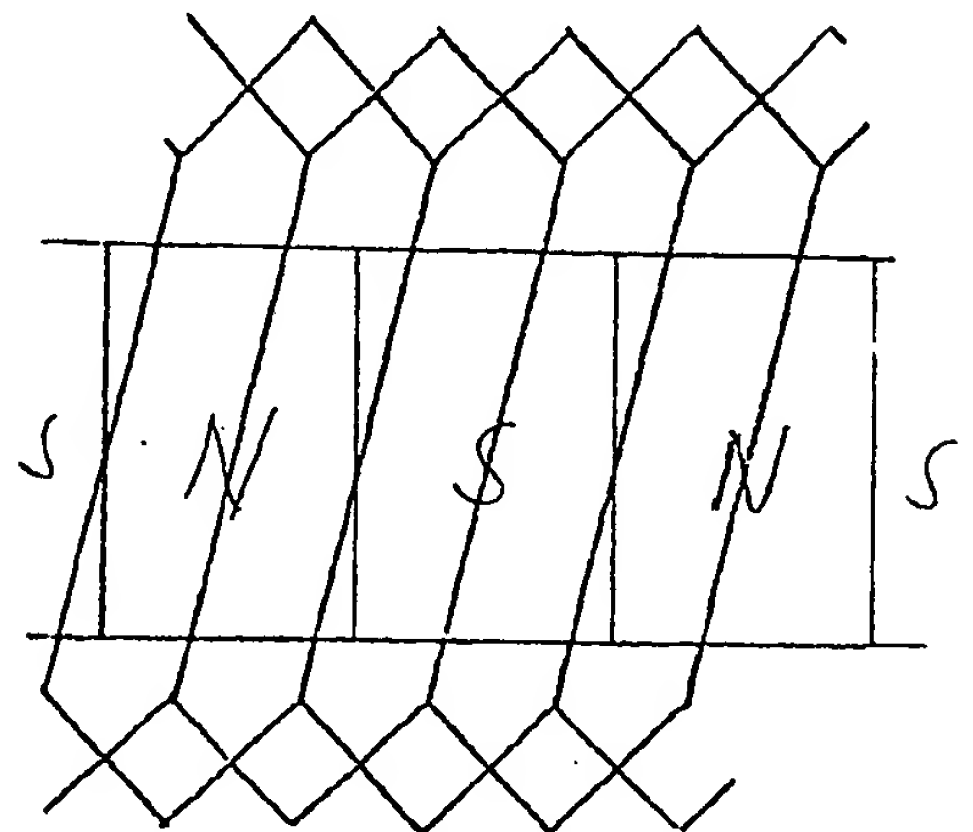


Fig. 4

-16-

3331002

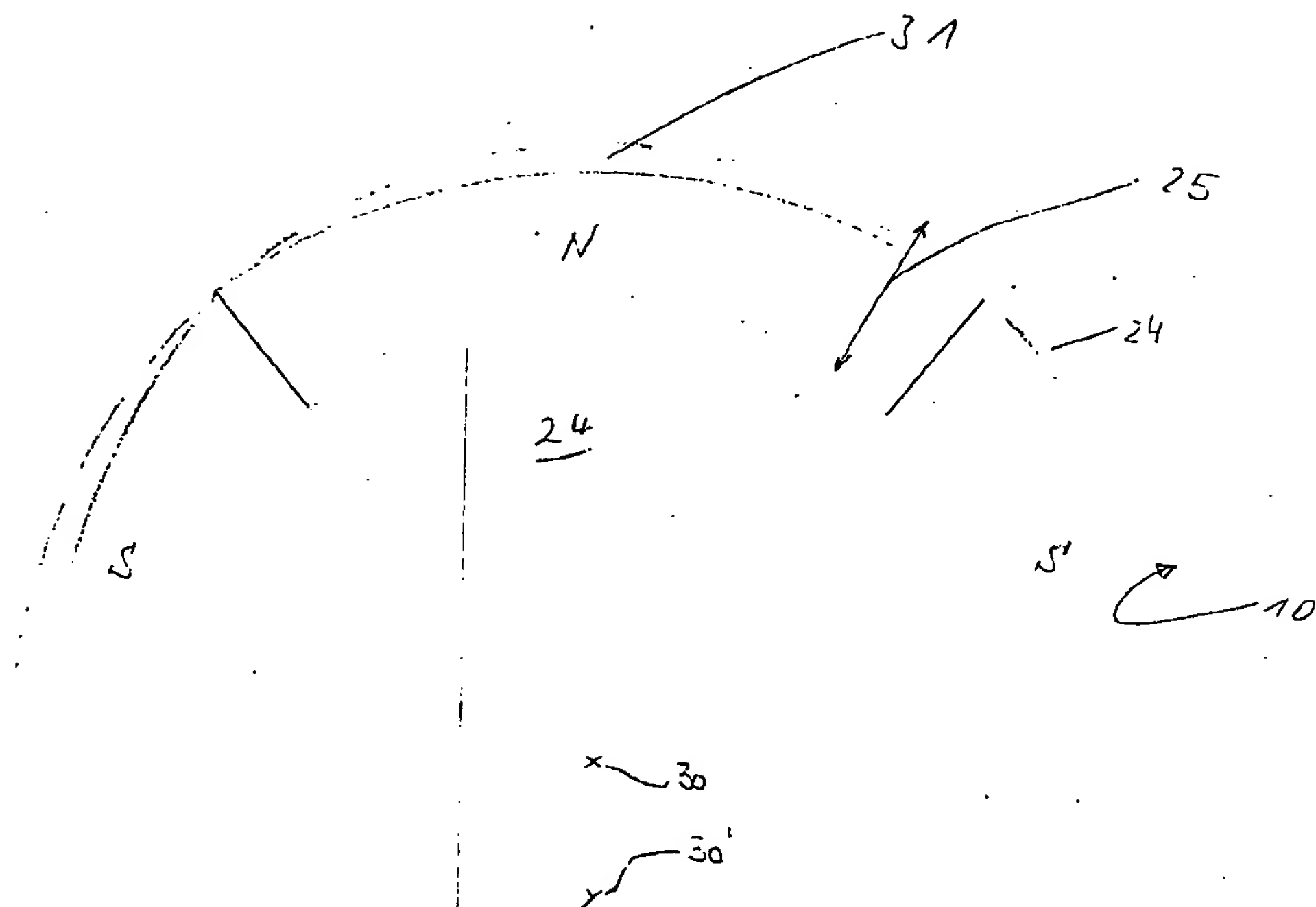


Fig. 4